数字孪生环境中的企业数据治理模式研究 *

吴　丹[1]　冷新宇[1]　梁少博[1]　任昱衡[2]　郭伟鹏[2]
（1. 武汉大学信息管理学院，武汉　430072；
2. 厦门鲲鹭物联信息技术有限公司，厦门　361100）

摘　要：［目的/意义］为运用数字孪生系统的企业提供数据治理模式参考，促进企业数据价值实现和数智化转型与升级。［方法/过程］以企业数据治理模式为探究对象，融合分析了企业在数字孪生系统中数据治理的内在逻辑，并对构建企业数据治理体系展开研究。［结果/结论］分别基于数据全生命周期、数据价值链、数据安全与合规、业务流程与需求理念，总结出四种数据治理模式，进而对每种模式对应的中心理念、运行机制和推行策略进行分析，并以企业数据治理的具体案例进行阐述，最终为企业数据治理研究与实践提供参考。

关键词：数字孪生　企业数据治理　数据治理模式
分类号：TP399　F272
DOI：10.31193/SSAP.J.ISSN.2096-6695.2025.01.08

0 引 言

2020年4月，中共中央、国务院发布《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》，正式将“数据”纳入生产要素行列[1]。2022年12月，中共中央、国务院发布《关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》，为实现数据要素引领社会生产的作用提出了重要指导[2]。在当今数字化快速发展的情况下，数据作为新的生产要素，成为带动产业转型升级、培育经济发展新模式的重要牵引力。而数据要素安全治理，作为数据基础制度的四大组成部分之一，是保障数据要素作用发挥的重要护航力量[3]。2020年4月，国家发展改革委、中央网信办联合印发《关于推进“上云用数赋智”行动培育新经济发展实施方案》的通知，提出开展数字孪生创新计划[4]。数字孪生技术的应用不仅为企业带来了新的运营模式和商业模式，也对企业的

* 本文系国家自然科学基金重大研究计划培育项目“人机交互视角下数据与知识双驱动的可解释智能决策方法研究”（项目编号：92370112）的研究成果之一。

［作者简介］吴丹，女，教授，研究方向为用户信息行为、人机交互、数字图书馆，Email: woodan@whu.edu.cn；冷新宇，女，硕士生，研究方向为数字孪生、人机交互，Email：2019301040252@whu.edu.cn；梁少博，男，副教授，研究方向为用户信息行为、移动搜索行为、人机交互，Email：liangshaobo@whu.edu.cn；任昱衡，男，教授，研究方向为区块链、物联网、数字化转型，Email：hoture@126.com（通讯作者）；郭伟鹏，男，初级工程师，研究方向为数字孪生、数字化转型，Email：2687125964@qq.com.

数据治理提出了新的要求。然而，传统的数据治理模式往往无法满足数字孪生环境中数据治理的复杂性和动态性。在此背景下，亟须探索融合数字孪生技术的企业数据治理的应用模式，以回应国家数字经济发展的战略需求。

基于此，本研究将企业数据治理置于融合视角之下，重点思考数字孪生环境中企业数据治理的内在逻辑，并构建数据治理的体系框架，提出数字孪生环境中企业数据治理的模式，挖掘数据要素助力企业发展的潜能，最终为企业的数字化转型提供理论和实践参考。

1　现有研究回顾

1.1　企业数据治理的发展

早在 2005 年，国外学者便率先开启了对企业数据治理领域的探索[5]，自此之后，国内外研究人员纷纷聚焦于企业管理的具体业务场景，对数据治理进行了大量深入的探讨与研究。理论层面，学者们主要聚焦于企业整体或特定业务领域的数据治理体系构建、制度设计、架构规划、模型建立以及成效评估体系等议题[6]，或者围绕由数据质量角色、决策领域和责任组成的数据治理模型开展研究[7]。Zorrilla 等[8]针对工业 4.0 背景，为企业数据治理提出了特定的框架设计。蒋国银等[9]则收集相关领域的数据治理信息，构建了共享经济平台数据治理政策优化框架。实践层面，学者们则更加关注数据治理技术、数据挖掘技术以及数据管理工具等在企业实际运营中的应用情况，致力于解决数据治理过程中的技术难题，以提升数据治理的效果[6]。方乾等[10]针对智能化煤矿建设中的问题，探究了实现数据价值落地的关键技术。侯鹏等[11]以金融数据安全治理向智能化发展为中心问题展开探索。Kevin[12]则面向互联网企业的数据治理工具等话题开展治理服务的研究。

1.2　数字孪生技术的应用

“数字孪生”这一概念模型的出现，可以追溯至 2003 年。在数字孪生概念提出后的多年内，学者们针对该领域的讨论重点尚在对数字孪生的定义探讨，以及围绕定义衍生出的模型概念、实现技术、框架构造等方面。总体而言，数字孪生是指通过各种数字化技术，实现物理实体、系统或过程的虚拟数字镜像副本构建，并基于实时数据交互、模型仿真与分析，实现物理世界与数字世界的动态映射与协同优化。

自 2010 年开始，数字孪生技术走向生产制造领域，美国国家航空航天局（NASA）等国家机构，以及通用电气（GE）、西门子（Siemens）、达索（Dassault）等工业巨头均加入到数字孪生技术的研究行列中。Schleich 等[13]曾聚焦数字孪生的演变过程及应用进展，讨论出新模型的概念化表示和实施以及在工业产品生命周期中的应用。西门子和奔特力（Bentley）曾以数字孪生为基础推出 PlantSight，作为更有效的工厂运营的数字解决方案。Bilberg 等[14]提出新的人机协作模式，用数字孪生技术支撑模式框架与模式运行。随着人工智能领域的迅猛发展，数字孪生技术显示出与人工智能生成内容（Artificial Intelligence Generated Content, AIGC）融合的发展趋势。

国内学者对数字孪生的研究始于 2017 年。陶飞等[15]提出“数字孪生车间”概念，并对数

字孪生车间进行了概念解读，同时对车间生产系统、服务、运行机制、特点等进行了充分探讨。此后，郭东升等[16]专门针对航天结构件领域的制造车间进行了建模研究。随之而来的便是技术与新领域融合下的全新诠释：徐辉[17]将数字孪生延伸到了城市发展应用领域，创新性地提出了数字孪生技术在城市发展中发挥的积极作用。近年来，对该技术的研究更是打破传统观念壁垒，将其引入图书馆、出版业、智能家居、智慧医疗等领域中，挖掘数字孪生技术潜能。数字孪生发展历程见图 1。

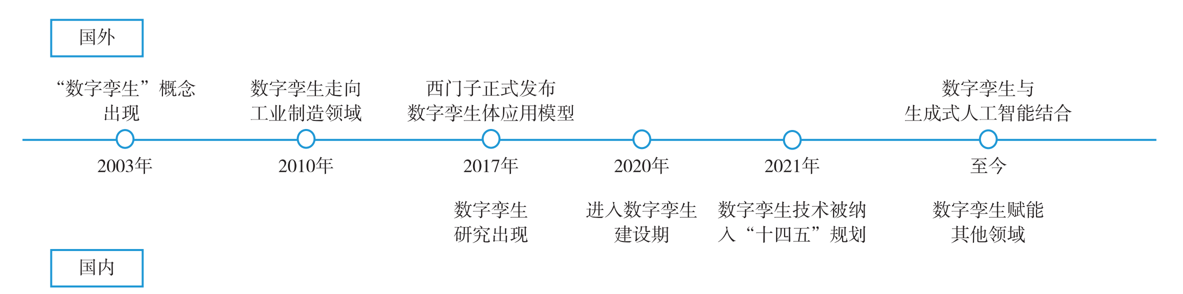


图 1　数字孪生发展历程

1.3　数字孪生场景下数据治理研究现状

自 21 世纪初始，对融合数字孪生技术与数据治理领域的探究已逐渐成为全球学术界的研究热点。相关研究主要有：Omrany 等[18]针对建筑行业实施数字孪生的情况进行了调研，分析阻碍数字孪生技术推行的数据治理方面的挑战，并提出行业标准协作路径，但其研究局限于具体行业，未能满足不同类企业数据治理的需求。Kalaboukas 等[19]面向认知数字孪生领域，提出了一套整合两种不同观点——业务与可持续性治理、数据治理、认知模型治理的整体治理方法，但该方法缺乏对“技术、管理和价值”三重维度协同机制的系统建构。Ren 等[20]则在产品生命周期管理理论基础上，创新性地将本体技术应用于数字孪生领域，提出了基于本体推理的数据治理方法。陶飞等[21]围绕物理融合、模型融合、数据融合和服务融合的四维融合理论为车间数字孪生应用奠定理论基础，但未能延伸至企业全域治理场景。王静等[22]引入复杂自适应系统理论，针对高校图书馆智慧服务数据治理进行了深入研究，并基于数字孪生技术构建了图书馆智慧服务数据管理的五维模型，但治理粒度偏向于服务层面而非底层数据。汪枫[23]则面向数字孪生数据治理的具体范围和内容，依托城市信息模型（City Information Modeling, CIM）平台构建了一个数据治理框架，并对基于工作流的数据治理以及分层分级的多源数据可视化技术进行了深入研究。

纵观现有代表性成果，不难发现学者们对于数字孪生环境中的数据治理研究焦点，主要集中在构建数据治理框架、模型，或提出新的治理方法上。然而，着眼于企业数据领域的治理方法，特别是融合数字孪生环境下的数据治理模式，尚存在一定空缺。因此，本研究围绕数字孪生环境下的企业数据治理模式问题展开，区别于传统框架研究的静态治理，本研究结合管理学经典理论，聚焦不同类型企业的数据运用特征，总结数据治理运行机制，旨在助力企业数智化转型升级。

2 数字孪生环境中企业数据治理内在逻辑

在数智化转型的语境中，如何最大化利用数字孪生技术的独特优势实现数据赋能，使其成为推动企业革新的内在驱动力，对企业而言具有重要意义。本研究对数字孪生环境中企业数据治理的内在逻辑展开系统性分析，构建数字孪生环境中企业数据治理框架。其内在逻辑体现为：数字孪生环境是数据治理的逻辑基石，数据质量管理是数据治理的核心环节，数据价值实现是数据治理的最终目标（图 2）。

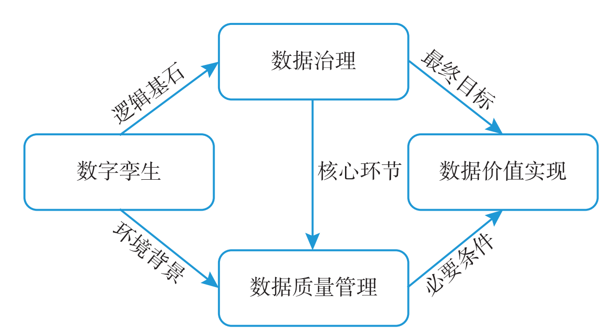


图 2 数字孪生环境中企业数据治理内在逻辑

2.1 数字孪生环境是数据治理的逻辑基石

构筑一个完整而高效的数字孪生体系，不仅是企业在数字孪生情境下实施数据管理的前提条件，也是其理论基础与核心支柱。该体系的健全程度直接影响到数据治理的成果与企业的可持续发展路径。作为顺应新兴科技趋势的数字孪生技术，正全方位地重塑着企业管理的基本理念、架构与工具。它深刻地变革了企业管理者的思想观念，助力提升数据治理水平，并赋予管理者较高的即时洞察力。借助数字孪生技术构建的虚拟“孪生体”，企业治理主体能够高效地进行数据采集、传输与存储，汇聚成全面且精准的数据集合[24]。这些宝贵的数据资源不仅增强了企业在运营中进行可靠模拟与前瞻的能力，也提高了决策的精确性与数据处理效率，助力企业业务向更深层面与更多元领域挺进。

2.2 数据质量管理是治理过程的核心环节

数字经济时代，数据已跃升为经济进步的核心生产要素，而企业的数据治理能力更是塑造其市场竞争优势的关键所在[25]。数据质量直接影响着企业决策的精确性、业务运作的流畅度及创新潜力的释放。提高企业的数据治理能力，实现数据质量管理优质化是企业数据治理过程的要点所在。这一过程涉猎广泛，既包括对物理世界通过数字孪生技术体现的数据管理，也囊括了相应的虚拟实体数据治理，同时还覆盖了企业经营全链条中所涉及的各类数据管理。这意味着，从原料采购、生产制造、市场营销到财务管控等所有经营环节产生的数据，均被视为企业运营的宝贵基础资源。高效治理这些数据资源，使得企业能够精准操控生产链路，灵敏响应市场变迁，进而推动企业市场竞争力与行业地位的提升。

2.3 数据价值实现是数据治理的最终目标

数字孪生环境中数据治理的内在逻辑关键一环在于数据治理的目的。此目的超越了单纯确保

企业数据的安全及运营稳定性，更多体现在促进企业服务质量和效率的跃升，以及最大限度地发掘数据潜藏的价值。实际上，最大化数据价值的实现构成了企业数据治理的根本目标与深层追求。随着市场竞争的日益激烈，深入探索并利用数据价值，成为企业在白热化市场竞争中独占鳌头的关键策略。此外，数据价值的实现不仅是驱动企业创新、开辟新业务疆域的原动力，也为企业的盈利模式注入了新鲜的增长动能。从社会层面观之，数据价值的实现不仅是产业升级的助燃剂，更是撬动经济增长的强大杠杆，持续推动社会生产力向更高层次演进。通过促进数据的共享与开放，各行业、各领域的跨界合作与创新被激活，加速了全社会的数字化转型与智能化升级步伐。

3　数字孪生环境中企业数据治理体系框架

构建数字孪生环境中数据治理的体系框架是企业解决发展过程中遇见的数据治理相关问题的理论及实践基础。当前，被广泛采纳的数据治理体系构建的方法论是基于五要素集成论的理论视角提出的，适用于大数据的治理分析[26]。鉴于此，本文以数字孪生环境为数据治理背景，在五要素集成论的基础上，从数据治理主客体、数据治理活动、数据治理特点、数据治理关键技术和数据治理模式五大维度构建企业数据治理体系框架（图 3）。

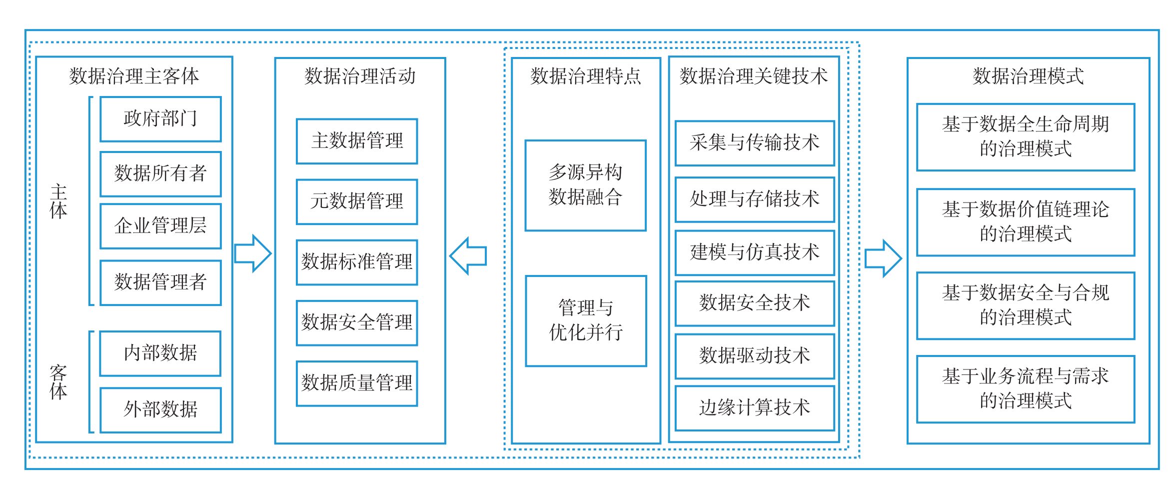


图 3　数字孪生环境中企业数据治理体系框架

3.1　数据治理主客体

明确治理的主体与客体是构建治理体系的重要环节。主体概念的清晰界定，能够为数据治理活动的实施提供关于数据所有权归属的明确指导方向。对客体的精准识别，则使企业在面对复杂多变的数据治理场景时，能够迅速锁定治理目标。企业数据治理的主体应包括政府部门、数据所有者、企业管理层和数据管理者[27]，本文重点关注后两者的主体责任，企业管理层主要负责从顶层制定治理战略、设定治理方案，而数据管理者则面向具体的数据治理方面展开活动，进行数据操作。企业数据治理的客体从类型上来说，主要指在“虚实两体”运行中的各项内部数据和在业务活动开展中的外部市场数据，涉及生产、研发、管理和运维等多方面。

3.2　数据治理活动

数据治理作为数据和数据系统管理的基本要素，是对数据资产管理行使权力和控制的活动集合[28]。企业在数字孪生背景下开展数据治理活动，其范围包含企业活动全流程中的各类数据，囊括主数据管理、元数据管理、数据标准管理、数据安全管理、数据质量管理等多维度内容[29]。企业数据治理的目标是要确保数据的安全性、可用性和合规性，以支持企业的决策制定、数据服务创新等过程，并最终实现数据要素价值的提升。因此，开展高效可靠的数据治理活动，对业务管理及价值创造至关重要。

3.3　数据治理特点

数字孪生场景下，企业数据治理将随着治理环境的变化而呈现出若干显著特征。在数字孪生这个高度仿真的环境中，数据摆脱了孤立及静态的局限，展现出互联互通与动态演进的新面貌，因而实现对多源异构数据的融合处理成为企业数据治理的独特性。此外，数据作为一种新兴的生产要素，化身为企业持续成长的驱动力。从集成的视角审视，数据治理的特性体现在其与企业管理全方位与最优化的紧密结合。数据治理构成数字孪生系统中物理与虚拟交互融合的基石[25]，数字孪生技术则为企业的数据治理带来了更广阔的应用场景和更高的执行标准。

3.4　数据治理关键技术

在信息化时代背景下，企业数据治理不仅迎来了新应用场景的拓展，同时伴随着一系列新技术的涌现，为治理活动的开展构筑了技术基础。企业数据治理的关键技术涵盖多方面：数据采集与传输技术可采用传感器网络技术及通信技术；数据处理与存储技术可采用分布式存储、云计算等技术；数字孪生建模与仿真技术涉及三维建模和物理仿真技术；数据安全方面，需要网络安全、隐私保护等技术来保障系统的运行；此外包括机器学习技术、数据挖掘技术、深度学习技术等在内的数据驱动技术和边缘计算技术也是实现企业数据治理的技术要素组成。

3.5　数据治理模式

数据治理模式是指企业依据其特定的数据治理目标，结合当前的企业组织结构、系统架构及数据应用情况，所采取的一系列数据治理策略与实践方法。数据治理方案因企业特点而异，对数据管理成熟度和内部协作效率的要求也不尽相同。在整体数据治理体系中，模式的应用状况直接影响着治理工作的实际成效。企业数据治理是一个既复杂又持久的进程，在不同阶段，企业往往会根据所面临的数据环境及应用需求的实际状况，权衡治理目标与当前条件，选择最为适宜的数据治理模式以确保治理工作的有效推进。

4　数字孪生环境中企业数据治理模式

数字孪生环境中数据要素及数据治理的崭新特性对传统的数据要素治理架构提出了挑战，迫切需要研究和探索适应这些变化的数据治理模式。本研究从不同企业在数据利用方面的具体侧重点与目的差异出发，通过对企业群实行系统性分类，融合管理学范畴的数据管理理论，进而在不同业务与运营场景下，探索并构建适用的企业数据治理模式。因此，本研究中的“数据治理模式”指在数字孪生技术环境下企业开展数据治理所采用的具体方法或框架，它不仅包含模式的中

心理念，还包含体现模式管理流程的运行机制和与该模式匹配的价值实现的适用场景，是通过特定管理机制实现数据价值最大化的系统性解决方案集合，具体模式见图 4。总体而言，基于数据全生命周期的治理模式由于考虑到数据的整个生命周期，涵盖治理的各方面，可以作为企业运用的数据治理模式基础。其余三种治理模式则各有侧重点，是对数据全生命周期治理模式在不同维度上的优化与拓展。

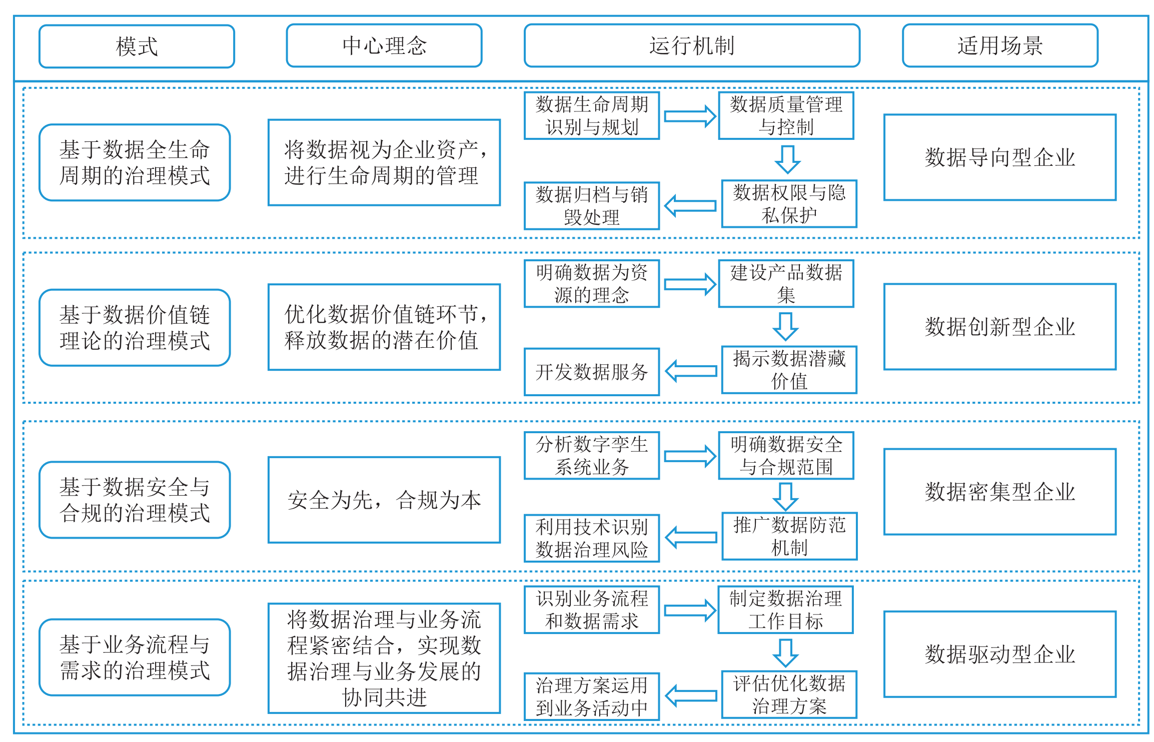


图 4　数字孪生环境中企业数据治理四大模式

4.1　基于数据全生命周期的治理模式

4.1.1　中心理念及运行机制

生命周期的概念最初源于生物学，是指生物生老病死的客观生命演化发展规律。现今，此概念已跨越学科界限，被广泛应用于社会科学研究中，用以描述事物或社会现象随时间推移所经历的不同发展阶段[30]。随着大数据的发展，数据生命周期作为一种揭示数据自身发展规律的理论逐渐成为研究数据管理保存的重要手段[31]。与生物界生命历程的单向线性过程不同，数据生命历程展现了一种动态循环特性，蕴含着重复利用的可能性[32]。基于数据生命周期理论的企业数据治理模式，其中心理念在于将数据视为企业的重要资产，并对其进行全生命周期的管理。该模式的侧重点在于从全面性与流程性方面把握数据治理，注重数据在各个生命周期阶段的流转和管理，确保数据在各个环节都能得到有效控制。

其运行机制重点包含了对数据生命周期的识别与规划、对数据质量的管理与控制、对数据权限与隐私的保护以及对数据的归档和销毁处理。在数字孪生系统构建之后，首先，企业需要明确其系统采集、生产的数据资产的全生命周期阶段，包括数据的传输、利用方向等，并结合数据特

点制定对应的数据治理目标；其次，企业应针对数据质量严管严控，由于孪生系统生产数据的实时性、复杂性等特点，企业更应加强质量监管举措，促进数据合理使用；然后，业务流程的多样性以及客户信息的隐私性，要求企业应格外注意数据保护，在实体与虚拟数据传输中，严格遵守法律法规，确保数据的合法使用和隐私保护；最后，要定期对数据归档处理，合理销毁不需要的数据，以防数据泄露。

4.1.2　推行策略

（1）构建统一的数据治理平台

数字孪生系统范畴内，资料收集活动主要由机械自动化程序主导，人工介入程度较低。得益于数字孪生技术、海量数据处理及云端运算等前沿科技的赋能，企业能够搭建一个整合性的数据治理体系。此体系全面融入了数据的全周期管理机制，确保从数据生成至其应用乃至最终处置的每一步骤均能得到透明化展示，使企业能深入洞察每一数据细节的来源与应用，进而高效地调控各生命阶段的数据资源。系统建立初期，企业可确立严格的数据生命周期评判准则，用于判定数据是否应保存、分析利用或废弃。随之，细化数据剔除、储存、分析及应用的具体规范与流程，确保各步骤的实施精准无误。实践中，企业相关人员依据数据实况，持续优化数据生命周期管理流程，力图最大化挖掘数据潜在价值。

（2）开展数据治理评估与改进

鉴于该模式植根于数据生命周期理论的核心，前期数据治理的实践及其成果对后续阶段的数据治理表现有着深远的影响。因此，每一个时间点上数据治理的效能与内在协调性对于整个模式的顺利运行起着决定性作用。为了追求显著的数据治理成效并提升治理过程的效率，企业在部署治理措施的同时，必须融入对治理成果的系统性评价。这要求企业针对数据管理的关键阶段，设定定期的深度治理效能评估机制。基于评估反馈，企业应对发现的问题采取精确的改进措施，持续完善治理手段与策略，加速数据处理与分析流程，缩减运营开支，进而支撑更加精准且高效的以数据为依托的决策制定。

4.1.3　具体案例

在工业 4.0 框架下以及当下日益数字化和智能化的商业环境中，制造业正加速向数据导向型企业转型[33]。数据的流动渗透于企业各类业务流程的每一个环节，成为支撑决策制定、推动生产效率升级、确保产品质量控制及加速市场反馈等核心环节的基石。因此，数据的质量和流动方向直接关联着企业的生产效率和市场竞争力。深入理解和把握数据生命周期的规律，对于数据导向型企业来说，是建立健全数据治理体系的关键所在。

如某厨柜企业制造工厂的工业实时数据具有海量性、时序性、强关联和高耦合性等特点，而且伴随着数据冗余、数据不一致、数据异构，以及管理层与车间存在信息滞后、不协调、不完整等问题。针对以上问题，该企业基于数据全生命周期的数据治理理念，采用某信息技术有限公司推出的云盒产品，实施了涵盖数据生命周期全程的治理策略。从实时数据的采集开始，就通过该云盒进行高效的架构处理，确保数据从产生之初就能得到有效管理。在数据的存储与利用环节，企业运行的数字孪生系统中定义了一套跨平台、兼容多类别设备及系统的数据采集和处理规范，实现了对数据采集、存储和利用情况的全程追踪。此外，该云盒针对数据生命周期中可能出现的

数据质量问题，如缺失、异常和冗余，提供了强大的数据清洗功能，包括缺失值处理、去噪处理和降冗余处理，从而全方位把控数据质量。这一系列的措施不仅优化了数据生命周期的每个环节，还确保了数字孪生系统能够对工业现场中各个作业设备、作业流程、作业环境等全要素的数据进行高效、准确地采集、存储、处理和应用。

4.2 基于数据价值链理论的治理模式

4.2.1 中心理念及运行机制

价值链理论认为企业的任务是创造价值，价值和价值活动构成价值链的分析基础。价值链是由设计、生产、销售等所有向用户交付产品或服务所需的一系列生产活动及相关辅助活动构成的体系[34]。数据价值链是数字经济时代企业价值创造活动中出现的新现象，是对价值链理论的发展。数据价值链是沿着企业生产链条数据流动与价值创造相伴而动的过程。随着生产过程从研发到生产、从销售到服务和使用的环节递进，数据不断流动，经济价值也被创造出来。基于数据价值链理论的企业数据治理模式，其核心理念在于通过全面优化数据价值链中的每一个环节，最大化地释放数据的潜在价值，并强调各利益主体在数据价值创作过程中的有效协同。

以数据价值链理论为基础构建的数据治理模式，其运行机制侧重于对数据资源化生产、对数据服务化开发和对数据价值化利用。首先，在数据治理之初企业应明确数据作为重要资源的理念；其次，在原始数据记录时形成具有产品属性的数据集，为后续的数据服务化开发和价值化利用提供基础；然后，基于数据资源化的成果，结合数字孪生系统的特质，以满足业务部门的需求为前提开发数据服务，促进数据资源价值的释放；最后，企业通过深度剖析与挖掘数据，揭示其中潜藏的价值，为企业决策提供支撑和依据。

4.2.2 推行策略

（1）建立全面的数据治理体系

为确保价值链理论在数据治理模式中的有效应用，企业首要任务是构建一套健全的数据治理体系。此体系的实施应伴随持续探索与改进，最终趋向完善。基于数据价值链理论，企业需对其数据治理体系进行顶层规划。考虑到企业数据治理流程的复杂本质，其中牵涉的利益相关方较多，可能涵盖产业链上下游多个企业。因此，在探究与实践企业数据治理的初步阶段，企业应当从全局着手，引领数据治理工作自上而下地渗透。在构造治理体系的步骤中，首要之举是确立数据治理的宗旨与策略方向，确保它们与企业总体业务战略紧密对接；随后，细化数据治理的规则体系与操作流程，秉承挖掘数据价值的核心导向，全面推广并落实数据治理体系，以深化企业数据治理的实践进程。

（2）推动数据共享与协同

企业在利用数字孪生技术构建业务系统时，由于数字孪生的“虚实两体”特性，实现了物理层与虚拟层间的无缝对接与交流。在此架构基础上，数据的共享性与协同性成为了数字孪生系统得以稳健运行的核心要素。这要求在数字孪生系统中，各类数据能够自由流动、无缝对接，并在不同层级和模块之间实现高效的协同作业。推动数据共享与协同不仅加深了企业对系统数据全面性的认识，还允许其依托价值链的构架，发掘数据间潜在的联系，以此来最大化实现数据的潜力与价值。同时，强化数据的共享与协作，能促进供应链上企业间的数据沟通与合作，有效破除了

信息孤立现象与障碍，共同探求数据深层的价值。对数据共享与协同的推动为提升数据管理的有效性起到了正面的推动效果，也为企业在数字化时代赢得竞争优势提供支撑。

4.2.3　具体案例

对于高度依赖数据进行业务决策、产品开发和服务优化的数据创新型企业，数据价值链理论为其提供了一个清晰的框架，能够指导企业如何在数据的每个环节中提取最大价值。某集团作为数据创新型企业，秉持“高质量数据是企业创新的基础”“数据是企业争夺优质客户的关键”的理念，融合数据价值链理论，打造了企业数据治理的规范流程。该流程覆盖数据产生、整合、分析与消费全过程，通过持续质量监控和改进，确保数据准确性、完整性和时效性，利用数据分析、挖掘和预测等增值活动支持业务创新。此外该集团还建立了统一的数据分类管理框架，为相关各领域的数据管理实践提供参考，进而为数据价值的实现提供优质的企业治理土壤[35]。

4.3　基于数据安全与合规的治理模式

4.3.1　中心理念及运行机制

数据合规涉及一系列既定标准与实践，旨在防护数据遭受丢失、窃取、毁损及滥用等威胁。而数据安全治理则着重于组织内部，依据全面的数据安全策略，促进跨部门合作，共同实施方案和活动，以确保数据的安全性和有效利用[36]。在我国企业的数字化革新进程中，结构性治理的关键目标是实现发展与安全并重的格局，而安全治理则是实现企业数据合规的必要路径。数字孪生环境中企业数据治理开发的模式侧重于确保数据的安全性、完整性和合规性，强调“安全为先，合规为本”，即在保证数据安全和遵守相关法律法规的前提下，实现数据的有效治理和利用。

构建企业数据安全与合规治理体系是一项复杂的系统工程，其设计应根植于相关的法律条文、行业标准及法律责任框架之内。在数字孪生系统环境内应用此体系进行数据管理需要从以下四个环节着手：首先，需透彻分析依托该系统运行的业务板块；其次，界定数据安全保障与合规操作的范畴，并持续聚焦关键数据资产；然后，借助技术手段辨识潜在的数据安全与合规风险点，为规划风险缓解措施与策略提供实证基础；最后，企业应充分利用预设的数据安全风险防控机制，在日常运营、商品及服务采购等环节积极践行，以强化数据保护的实际效能。

4.3.2　推行策略

（1）构建安全合规组织架构

在数据治理的实践中，数据安全与合规性被视作核心要素，企业管理体系的部署首要考虑的是建立健全数据安全保障体系。面对数字孪生系统所固有的数据源的多类型与异构性质，以及参与数据管理主体的多样性等复杂特点，数据保护与合规面临的挑战尤为显著且密集。这一机制需整合数据加密技术、访问权限控制、安全审查等多项策略，确保在数据的存储、传输、处理等所有阶段安全无漏洞。同时，企业应紧贴国家法律政策与行业标准，细化数据管理政策及执行流程，确保企业的数据管理实践严格遵从法律法规的框架。基于此，设立合规性监控及预警系统，及时识别并有效应对可能出现的风险，能为维护企业数据管理的稳健态势奠定坚实基础。此外，界定清晰的数据管理组织结构及职责分配同样是不可或缺的一环。

（2）强化数据安全与合规技术支撑

数字经济时代，企业依托数据资源创造经济价值，数据质量直接影响到企业绩效的生成，企

业要想获得可持续发展需要重视数据资源，而数据安全则是数据资源的核心保障。信息技术的不断演进促使企业从技术战略高度出发，确保数据安全及遵循法律法规要求。为此，企业需构建一个立体化、全面覆盖的数据安全合规管理体系，并借用信息技术工具促进该体系与数字孪生系统间的高效协同。具体措施包括：在数据保管与传递流程中，采纳先进数据加密技术维护数据的私密性，以防数据外泄或遭非法窃取；实施精密的访问权限控制机制，细化数据访问与使用的管理粒度，有效遏制未授权访问及操作，巩固数据防护墙；借助大数据分析与人工智能的力量强化数据合规监管，并利用人工智能自动化处理庞大数据量，提速数据处理效能；考虑到区块链等技术对于去中心化管理及保障数据原真性的独特优势，企业可融入这些技术以提升数据的安全等级及可信度。

4.3.3 具体案例

数据密集型企业在经营过程中会积累大量有价值的数据信息，这些数据是企业的核心资产。金融行业是数据密集型行业的代表，在生产经营过程中能够积累海量数据资源，因此数据安全治理对金融企业至为关键。某银行重点聚焦数据安全等问题，从数据安全治理体系、数据安全管控机制、数据安全管理技术平台等方面不断推进数据安全治理实践，并从数据安全方针策略、数据安全组织架构、数据安全制度规范体系三大方面，指导数据安全工作满足治理要求以及风险管理需求。该银行制定了完善的数据安全方针策略，明确数据安全的管理原则，对数据及数据归属系统的安全进行了全面审慎管理；建立基本完备的数据安全组织架构体系，并基于该企业设立的金融科技组织委员会，从科技和业务两条线开展数据安全管理工作；在数据安全制度规范方面，则从业务管理线和技术管理线两方着手，发布管理制度体系，不断夯实和完善数据安全业务管理制度保障能力[37]。

4.4 基于业务流程与需求的治理模式

4.4.1 中心理念及运行机制

企业在执行数据的获取、加工、传递及价值创造等环节时，其目的是促进各类业务项目的顺畅实施。在此过程中，数据治理体系通过确立数据源的正规性、维持数据质量及指导数据应用三个环节，确保了企业赖以生存的数据基础既稳固又高效，为推动业务的持续演进与创新构筑了坚实平台。反向而言，企业日常运营活动中累积的大量数据，为数据治理体系提供了丰富的素材。这些源自业务实践的数据，全方位映射了企业的运营实况、市场动态及客户需求等多个维度的实际情况，为发掘新兴市场机遇及优化业务策略提供了强有力的支持。鉴于此，构建一套围绕业务流程与实际需求为核心的数据治理体系，成为了企业落实数据治理的模式之一。该体系着重于深度融合数据治理机制与企业具体业务流程及实际需求，旨在促进数据管理与业务进展的协同。此模式侧重数据治理工作的业务导向及实用性，聚焦于满足业务的实际诉求，精炼业务流程，增强业务价值，确保数据治理实践活动能实质性地赋能企业。

数据治理围绕企业业务活动展开，首要步骤是对现有的业务流程进行全面整理，辨明企业运营中关键的业务流程和数据需求，并据此来拟定数据治理方向和计划；在此基础上，深入剖析各业务流程对数据的具体需求，为后续的数据治理工作提供明确的目标和依据；随后对不同的业务制定其相应的数据治理方案，并扩展到企业的业务活动中。伴随业务动态的演进与数据状况的变

迁，持续性地调整与完善数据治理策略及流程，以确保数据治理工作的时效性与有效性。

4.4.2　推行策略

（1）建立跨部门的数据治理团队

面对企业，尤其是大规模企业，其业务呈现出高度的多元化特征，从而导致了企业内部部门设置和组织结构的复杂性。数据在不同部门及系统间的传递与流通面临挑战，这些挑战源自人员组成的异质性、职责的分散和规范的不一致性，可能对数据管理的有效性产生负面影响。鉴于此，企业在执行基于业务流程与需求的治理模式时，需要面向各部门遴选具备数据治理经验与专业技能的人才，组建一支跨部门的专业数据治理团队。该团队需全方位参与企业所有的数据治理活动，这对团队成员的数据知识水平及职业素养提出了比较高的要求。企业应增强在数据管理人才甄选与培养上的投入，以确保该团队能持续高效运行，为企业的数据治理工作提供坚实的支撑。

（2）加强业务流程与数据治理的融合

深化业务流程与数据治理体系的紧密集成，不仅是企业内部治理创新的关键要素，也是企业在面对数字化转型大潮时实现持续成长的前瞻性策略，意在达成业务流程与数据治理的无缝对接。在实施这一战略举措的过程中，初始步骤是对企业核心业务及关键流程进行彻底而深刻的分析。这不仅要求企业详尽地拆解各业务环节，精确掌握其运行机制与特性，还需明确这些流程在日常操作中对数据的具体要求。在数据治理领域，企业应当依据业务流程的独特属性与需求，实行精确且具有目的性的改进措施。这包括将数据治理策略与业务流程深度融合，确保存档管理实践能精确应对业务需求，有力增强业务处理的效率与品质。此外，企业亦需积极探求利用数据治理促进业务发展的新策略，借助数据治理催化并引领未来业务扩展的新契机。

4.4.3　具体案例

数据驱动型企业通过利用数据来优化其内部运营流程并驱动业务持续增长，以此推动企业的数字化转型。基于业务流程与需求的数据治理模式能够紧密贴合企业的业务需求，优化数据在业务流程中的流动。某公司在人力资源、项目管理、财务管理等多个领域积极推进数字化转型战略，为实现数据的有效整合与共享，该公司成功对接了人力资源、财务、项目等核心办公系统，并初步构建了一个小型数据仓库，用于存储和管理各类业务数据。在此基础上，进一步明确了数据治理责任，将数据管理任务细分至各个业务部门，从而确保数据质量的持续提升。此外，还创新性地将数据来源细分至各个系统模块，将数据视为业务流程的自然延伸，实现了数据的精细化管理。通过将数据应用与企业实际业务场景紧密结合，在促进业务数据的无缝对接与高效流通的同时，显著提升了数据使用的效率，也极大地提高了各部门参与到数据治理中的积极性[38]。

5　结　语

数据治理作为企业数字化转型升级的核心环节，旨在有效管理和利用数据资源，提升企业竞争力和创新能力。而数字孪生技术的出现，为企业数据治理开辟了新视角和新场景。通过对多篇文献的综述，本文首先对数据治理与数字孪生的概念进行解析，并系统阐释了其发展趋势；其

次，探讨了数字孪生环境中企业数据治理内在逻辑；然后，基于五要素集成论构建融合治理主客体、治理活动、治理特点、治理关键技术及治理模式五个维度的体系框架；最后，面向数字孪生系统，提出了基于数据生命周期、数据价值链理论、数据安全与合规以及业务流程与需求的企业数据治理模式，并用具体的企业治理案例对模式运用进行了阐述。

综上所述，研究结果为企业在数字孪生系统中进行数据治理提供了思路和模式框架。然而，本研究重点置于理论与案例分析上，在实证分析和模式验证的深度层面存在局限性，后续研究将着重在强化实证研究的系统性与模式适用性的动态验证上深化探索。

【参考文献】

［1］中共中央、国务院. 关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见［EB/OL］.［2024-05-12］. https://www.gov.cn/zhengce/2020-04/09/content_5500622.htm.

［2］中共中央、国务院. 关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见［EB/OL］.［2024-05-12］. https://www.gov.cn/zhengce/2022-12/19/content_5732695.htm.

［3］周民. 完善数据要素治理制度，保障数据流通交易安全《数据二十条》解读［EB/OL］.［2024-05-12］. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/jd/jd/202212/t20221219_1343659.html.

［4］发展改革委、中央网信办.国家发展改革委 中央网信办印发《关于推进“上云用数赋智”行动 培育新经济发展实施方案》的通知［EB/OL］.［2024-05-12］. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-04/10/content_5501163.htm/.

［5］孙新波，王昊翀. 数据治理：概念、研究框架及未来展望［J］. 财会通讯，2023（14）：21-28.

［6］孙建军，马亚雪. 面向多元场景的数据治理：进展与思考［J］. 图书与情报，2023（4）：1-11.

［7］Wende K. A model for data governance-organising accountabilities for data quality management［EB/OL］.［2025-02-05］. https://aisel.aisnt.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1079&content=acis2007.

［8］Zorrilla M, Yebenes J. A reference framework for the implementation of data governance systems for industry 4.0［J］. Computer Standards & Interfaces, 2022, 81: 103595.

［9］蒋国银，陈玉凤，匡亚林. 共享经济平台数据治理：框架构建、核心要素及优化策略［J］. 情报杂志，2021，40（8）：71-80.

［10］方乾，张晓霞，王霖，等. 智能化煤矿大数据治理关键技术研究、实践与应用［J］. 工矿自动化，2023，49（5）：37-45+73.

［11］侯鹏，李智鑫，张飞，等. 金融数据安全治理智能化技术与实践［J］. 网络与信息安全学报，2023，9（3）：174-187.

［12］Kevin K. Introducing azure purview, microsoft's next generation of data governance［J］. Database Trends and Applications, 2021, 35(1): 31.

［13］Schleich B, Anwer N, Mathieu L, et al. Shaping the digital twin for design and production engineering［J］. CIRP Annals, 2017, 66(1): 141-144.

［14］Bilberg A, Malik A A. Digital twin driven human-robot collaborative assembly［J］. CIRP Annals, 2019, 68(1): 499-502.

［15］陶飞，张萌，程江峰，等. 数字孪生车间——一种未来车间运行新模式［J］. 计算机集成制造系统，2017，23（1）：1-9.

［16］郭东升，鲍劲松，史恭威，等. 基于数字孪生的航天结构件制造车间建模研究［J］. 东华大学学报

（自然科学版），2018，44（4）：578–585，607.

［17］徐辉. 基于“数字孪生”的智慧城市发展建设思路［J］. 人民论坛・学术前沿，2020，192（8）：94–99.

［18］Omrany H, Al–Obaidi K M, Husain A, et al. Digital twins in the construction industry: a comprehensive review of current implementations, enabling technologies, and future directions［J］. Sustainability, 2023, 15(14): 10908.

［19］Kalaboukas K, Kiritsis D, Arampatzis G. Governance framework for autonomous and cognitive digital twins in agile supply chains［J］. Computers in Industry, 2023, 146: 103857.

［20］Ren Z, Shi J, Imran M. Data evolution governance for ontology–based digital twin product lifecycle management［J］. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2022, 19(2): 1791–1802.

［21］陶飞，程颖，程江峰，等. 数字孪生车间信息物理融合理论与技术［J］. 计算机集成制造系统，2017，23（8）：1603–1611.

［22］王静，李新春，尹良伟，等. 基于数字孪生的高校图书馆智慧服务数据治理自适应模式研究［J］. 图书馆，2023（3）：1–7.

［23］汪枫. 面向数字孪生基于CIM平台的数据治理研究［J］. 土木建筑工程信息技术，2023，15（3）：1–6.

［24］陈建平. 提效与赋能：数字孪生技术助推智慧城市现代化的双维逻辑［J］. 河南社会科学，2023，31（12）：96–104.

［25］张凯. 金融数据治理的突出困境与创新策略［J］. 西南金融，2021（9）：15–27.

［26］董焕晴，何树坤，曹高辉. 数字健康产业数据治理体系研究［J］. 现代情报，2024，44（9）：131–141，153.

［27］周依曼. 企业数据安全治理现状及治理体系研究［J］. 科技创业月刊，2024，37（5）：170–173.

［28］数据管理协会. DAMA数据管理知识体系指南［M］. 北京：机械工业出版社，2020：47.

［29］李题印，宣成，郁建兴，等. 数智赋能时代企业数据治理能力模型研究［J］. 情报科学，2022，40（11）：20–25，39.

［30］曹秀丽，赖朝新. E–Science环境下科研—数据双生命周期模型初步研究［J］. 情报理论与实践，2022，45（6）：157–163.

［31］Corti L, Van den Eynden V, Bishop L, et al. Managing and sharing research data: a guide to good practice［M］. New York: SAGE, 2019: 17–23.

［32］O’Rand A M, Krecker M L. Concepts of the life cycle: their history, meanings, and uses in the social sciences［J］. Annual Review of Sociology, 1990, 16(1): 241–262.

［33］德勤–亚马逊云科技联合. 数领未来，打造数据驱动型企业白皮书［EB/OL］.［2025–02–07］. https://d1.awsstatic.com/whitepapers/awsdeloitte–data–driven–whitepaper.pdf/.

［34］迈克尔・波特. 竞争优势［M］. 陈小悦，译. 北京：华夏出版社，1997：37.

［35］华为技术有限公司. 数据治理方法论［EB/OL］.［2025–01–26］. https://support.huaweicloud.com/dgm–dataartsstudio/dgm–dataartsstudio.pdf.

［36］胡玲，马忠法. 论我国企业数据合规体系的构建及其法律障碍［J］. 科技与法律（中英文），2023（2）：42–51.

［37］数治网. Zed案例：中国工商银行数据安全治理体系建设与实践解析［EB/OL］.［2025–01–26］. https://dtzed.com/libs/2023/02/4024/.

［38］沈君华，吴俊，孟云海，等. 数据治理实现业务数据互联互通——以市政集团数据中台升级项目为例［J］. 中国建设信息化，2023（3）：76–78.

吴丹，冷新宇，梁少博，等 . 数字孪生环境中的企业数据治理模式研究［J］. 文献与数据学报，2025，7（1）：033-047.

Research on Enterprise Data Governance Models in Digital Twin Environments

Wu Dan[1]　Leng Xinyu[1]　Liang Shaobo[1]　Ren Yuheng[2]　Guo Weipeng[2]

（1. School of Information Management, Wuhan University, Wuhan 430072, China；
2. Xiamen Kunlu LoT Information Technology Co., Ltd, Xiamen 361100, China）

Abstract:［**Purpose/Significance**］The study aims to propose a data governance model for enterprises that utilize digital twin systems, and promote the realization of data value and digital-intelligent transformation and upgrading of business.［**Method/Process**］Taking the enterprise data governance model as the research object, this paper comprehensively examines the inherent logic of data governance in digital twin systems and explores the construction of enterprise data governance frameworks.［**Result/Conclusion**］Four data governance models are summarized based on distinct concepts: the data lifecycle, data value chain, data security and compliance, and business processes and demand-driven requirements. Each model is analyzed in terms of its core concept, operational mechanism, and implementation strategy, illustrated with specific enterprise data governance cases. This research ultimately offers actionable insights for advancing enterprise data governance practices.

Keywords: Digital twin; Enterprise data governance; Data governance model

（本文责编：孔青青）